

냉각수의 성분별 특성 및 효과적인 수질관리 방법

원영재 / LG 建設 설비부

본 연구의 목적은 운전중의 공장 건물을 대상으로 보급수 및 공수의 수질분석을 토대로 약품 투입에 의한 수질관리방식과 전자장에 의한 관리방식의 수질분석 결과의 비교 DATA를 통하여 효과적인 수질관리방법의 채택으로 원가절감을 할 수 있는 방안을 제시하고, 냉각수계에 포함되어 있는 성분들로 인한 부식상태 및 부식속도를 파악하여 대책을 제시하며, 대형공장의 냉각수계에 대한 효과적인 운영관리방식의 FLOW를 제시하는데 그 목적을 두었다.

1. 머리말

1. 研究의 目的

현재 개방형 냉각수계에는 다량의 미생물과 여러가지 용존하는 납용성염 등이 농축되어 전 열면과 석출하는 scale장해 및 미생물과 혼탁한 잔유물등이 증식하여 발생하는 슬라임 장해등의 많은 저해요인 등을 가지고 있다.

이러한 저해요인은 열효율을 저하시킬 뿐만 아니라 부착물의 하부에서는 국부 부식이 성장하며 고가 장비의 수명단축에 의한 막대한 예산 손실은 물론 프로세서 조업에 효율저하와 생산성 저해요인, 그리고 유해분진 발생등으로 인한 환경오염을 초래하게 되는 여러가지 문제점을

가져올 수 있는 위험한 현실이다.

따라서 본 연구의 목적은 운전중의 공장 건물을 대상으로 보급수 및 공수의 수질 분석을 토대로 약품 투입에 의한 수질관리 방식과 전자장에 의한 관리방식의 수질분석 결과의 비교 DATA를 통하여

첫째, 효과적인 수질관리 방법의 채택으로 원가절감을 할 수 있는 방안을 제시하고

둘째, 냉각수계에 포함되어 있는 성분들로 인한 부식상태 및 부식속도를 파악하여 대책을 제시하며,

셋째, 대형공장의 냉각수계에 대한 효과적인 운영 관리 방식의 FLOW를 제시 하는데 그 목

적을 두었다.

2. 研究대상 및 方法

2-1. 研究대상

준공 2년이 경과하고 수질관리를 화학약품을 투입하여 실시하고 있는 대형 공장건물과 시공 후 4개월이 지나고 전자장에 의한 방식을 적용하여 수질관리를 실시하고 있는 건물을 대상으로 한정하여 실시하였다. 규모와 연구범위는 (표1-1연구대상) 참조.

2-2. 研究方法

현장별 공업용수 및 보급수의 수질 분석을 각 5회에 걸쳐 실시하여 평균 DATA를 기준으로 수질 상태를 파악하였고 연속적으로 가동 중에 있는 장비(냉동기, 냉각탑)를 대상으로 다음과 같이 세가지 형태로 구분하여 조사 하였다.

첫째, 현재 약품을 투입하여 정기적인 수질관리를 실시하고 있는 상태의 수질.

둘째, 전자장 방식에 의해 수질관리를 실시하

〈표 1-1〉 연구대상

현 장 명	공사기간 및 용도		규 모	연구범 위		
	공사기간	용도		수처리 유무	사용연수	보급수종류
PROJECT(1)	93. 8. 1~ 95.12.31	공장	1. 총수 : 지하1층~ 지상4층 2. 건축면적 : 14,525 M2 (5,310평) 3. 연면적 : 54,041 M2 (16,376평)	실시 (화학약품)	2년 경과	공업용수 재이용수
PROJECT(2)	96. 3.15~ 95.12.31	공장	1. 총수 : 지하1층~ 지상6층 2. 건축면적 : 27,755 M2 (8,396평) 3. 연면적 : 155,418 M2 (47,014평)	실시 (전자장)	4개월	공업용수

〈표 1-2〉 연구방법

현 장 명	시 편 설 치	수 질 분 석			
		냉동기+냉각탑 (SET)	보급수유형	수처리 유무	시편설치기간
00 PROJECT -1	STS 시편2개 (개소별)	12C:1호기 (각 5회 채취 평균 DATA값)	재이용수 공업용수	약품처리 (공수+혼합수)	97.9.25~97.10.6 (11일간)
00 PROJECT -2	STS 시편2개 (개소별)	13C:3호기 (각 6회 채취 평균 DATA값)	공업용수	전자장 처리 (공수용수)	97.9.25~97.10.6 (11일간)
00 PROJECT -3	STS 시편2개 (개소별)	13C:3호기 (각 4회 채취 평균 DATA값)	재이용수 공업용수	약품처리 (혼합수)	97.9.25~97.10.6 (11일간)

고 있는 상태의 수질.
셋째, 보급수를 공수로 사용하지 않고 재이용
수를 사용하여 약품을 투입하고 있는 공장을 대

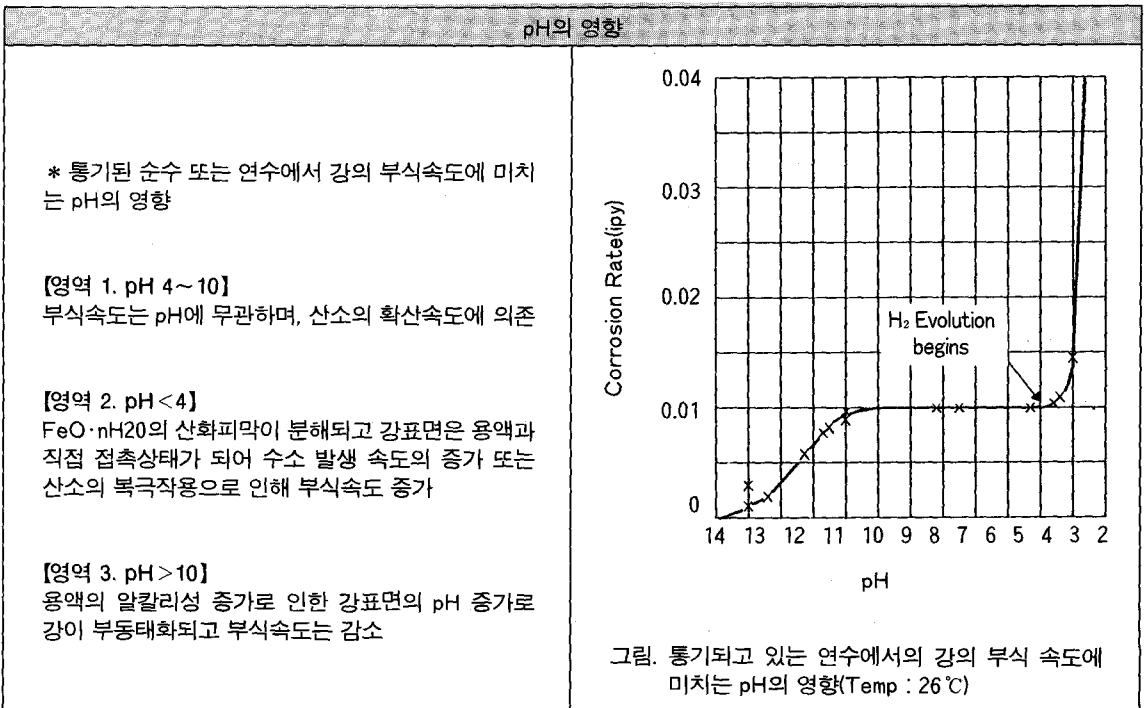
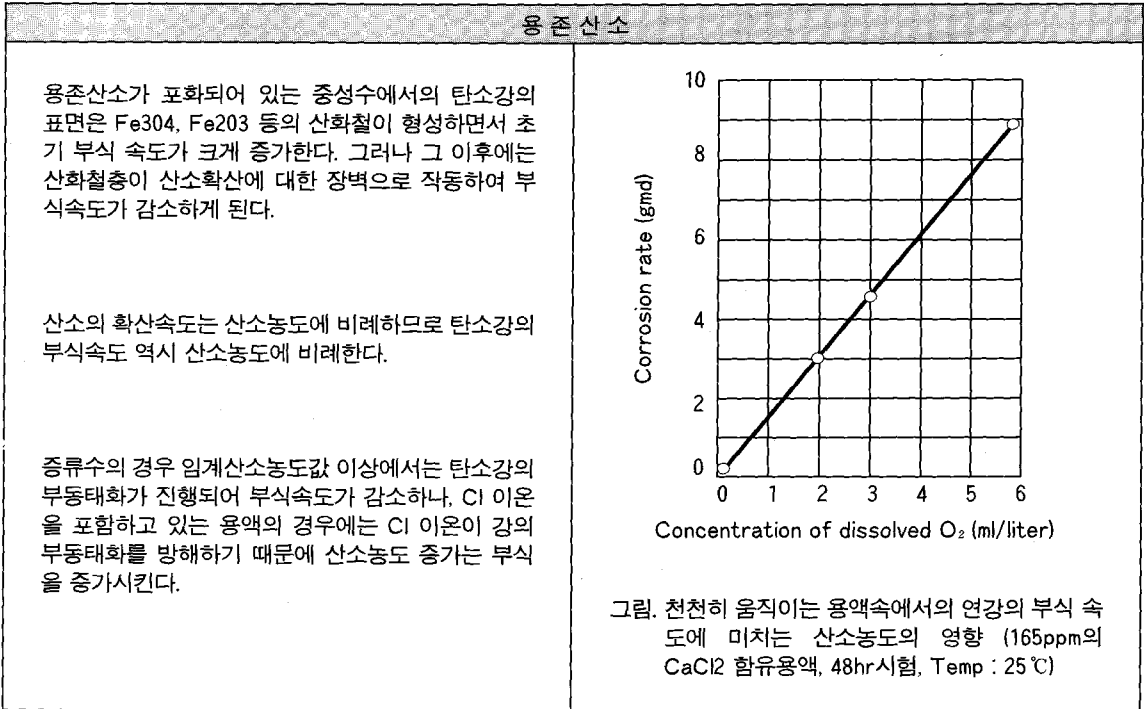
상으로 97.9.25~97.10.6(11일간) 시편을 공장별
각 2개씩 설치하여 부식상태와 미생물 균의 번식
상태를 조사하였다. <표1-2> 연구방법 참조

3. 부식의 형태와 환경 因子

3-1. 부식의 형태

<p>공식 (Pitting corrosion)</p>	<p>공식은 부식이 금속표면의 국부에 집중되어 금속내로 깊이 뚫고 들어가는 가장 파괴적인 부식으로 그 입구가 깊이보다 작거나 같은 경우를 말한다. 공식은 틈을 자생하면서 자기촉매(Autocatalytic)과정을 통한 국부부식이 진행되며, 할로겐이온 및 할로겐을 포함한 음이온에 의해 촉진된다. 용액내에서 용존산소가 없더라도 산화성 금속이온의 염화물 내에서는 공식이 심하게 발생한다. 스테인레스강 합금들은 공식에 민감하다.</p>
<p>틈부식 (Crevice corrosion)</p>	<p>전해액에 노출된 금속표면상의 틈 부식에서의 자기촉매(Autocatalytic)과정을 통한 국부부식이 진행된다. 염소이온(C1)이 존재하는 용액 및 틈의 폭이 2~3mil 이하의 용액이 정체될 수 있는 곳에서 잘 발생한다. 틈부식은 다음 하나 또는 둘 이상 때문에 발생한다. ◆ 틈에서의 산소부족 ◆ 틈에서의 산성도 변화 ◆ 틈에서 부식성이 강한 이온이 축적될 때 ◆ 틈에서 부식 억제제가 걸립될 때</p>
<p>이종금속접촉부식 (Galvanic corrosion)</p>	<p>두 이종금속 사이의 가역전위 차에 의한 국부전지의 형성으로 부식이 진행되며, 저항성의 금속은 음극, 비저항성의 금속은 양극으로 작용한다. Noble한 금속의 면적이 active한 금속의 면적보다 상대적으로 크면 클수록 active한 금속의 부식은 촉진된다. Galvanic series는 주어진 환경내에서 실제 부식실험을 하지 못할 경우 galvanic 부식의 가능성을 예측할 수 있는 좋은 참고 자료가 된다.</p>
<p>선택부식 (Selective corrosion)</p>	<p>합금중 한 성분이 부식으로 인해 선택적으로 제거 되어지는 현상 황동의 탈아연화 현상(Dezincification)</p>
<p>입계부식 (Intergranular corrosion)</p>	<p>어떤 조건에서 결정입계(grain-boundary)가 대단히 큰 반응성을 갖게 되어 입계가 선택적으로 부식되는 현상이다. 입계에서의 불순물 또는 입계 영역에서 한 합금성분의 과다한 고갈에 의해 발생한다. 18-8 스테인레스강이 400~800℃에서 예민화되어 Cr23C6가 석출되어 입계부식에 대단히 민감하다.</p>
<p>응력부식균열 (Stress corr. cracking)</p>	<p>인장응력(Tensile stress)과 부식전해액에 동시에 존재하는 환경에서 발생하는 균열현상으로 응력은 냉각가공, 열처리 또는 외부응력으로 잔류한다. 입계(intergranular) 또는 입내(Transgranular) 균열로 관찰되며, 주로 합금에서 발생하며 온도, 용액의 조성, 성분과 조직이 중요 인자로 작용한다.</p>
<p>부식피로균열 (Corr. fatigue cracking)</p>	<p>부식피로균열은 반복되는 교번응력(Cyclic stress)과 부식분위기가 결합해서 나타나는 금속의 파괴현상으로 응력부식균열의 한 특수한 형태이다.</p>
<p>마식 (Erosion corrosion)</p>	<p>부식용액과 금속표면 사이의 상대적 운동에 의해 부식속도가 더욱 촉진되는 현상으로 유속이 대단히 큰 상태에서 고체 부유물 존재시 기계적 마멸효과에 의해 발생한다. 홈(Groove), 도랑(Gully), 파도(Wave), 둥근구멍(Rounded hole), 골짜기(Valley) 모양으로 방향성(Directional pattern)을 가진다.</p>
<p>수소균열 (Hydrogen cracking)</p>	<p>부식반응에 의해 생성된 수소원자가 내부응력이나 잔류응력이 충분히 높은 금속내부로 침투하게 되고, 이것이 금속내의 빈자리(Void) 또는 다른 유리한 영역에서 전자를 수용해 수소분자를 방출하게 됨으로써 내부압력(Internal stress)을 형성하여 균열이 발생한다.</p>

3-2. 부식에 미치는 환경인자(因子)



온도의 영향

온도의 상승은 산소의 확산을 증가시켜 주어진 산소 농도에서 온도가 30℃ 증가함에 따라 부식속도는 2배정도 증가한다.

개방수계의 경우 온도가 80℃정도 부터는 산소가 대기중으로 방출되면서 용해도가 감소하며 부식속도가 감소하나, 밀폐계의 경우에는 산소의 방출이 어려워 온도의 증가에 따라 용존산소가 다 소비될 때까지 계속 부식 속도가 증가하게 된다.

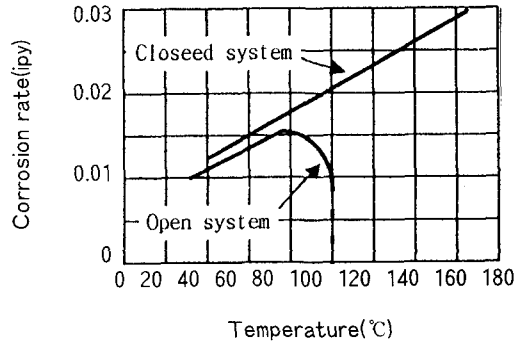


그림. 용존산소를 포함하고 있는 물에서 강의 부식속도에 미치는 온도의 영향

유속의 영향

중성수에서의 유속의 증가는 금속표면으로의 산소 확산 속도를 증가시키기 때문에 부식속도를 증가시키며, 유속이 더욱 증가하면 충분히 많은 산소가 금속 표면에 도달하기 때문에 부동태 피막의 형성으로 인해 부식속도가 다시 감소하게 된다.

또한 부동태 피막이 기계적 손상을 입은 정도로 더욱 증가하면 소위 침식부식(Erosion Corrosion)이 발생하여 부식속도는 다시 크게 증가하게 되는데 고유속에서의 영향을 금속표면 상태에 따라 차이가 있다.

그러나 해수와 같이 C1 이온의 농도가 높을 경우에는 어떠한 유속에서도 부동태 피막이 형성되지 않아 유속의 증가는 부식을 계속 증가 시키게 된다.

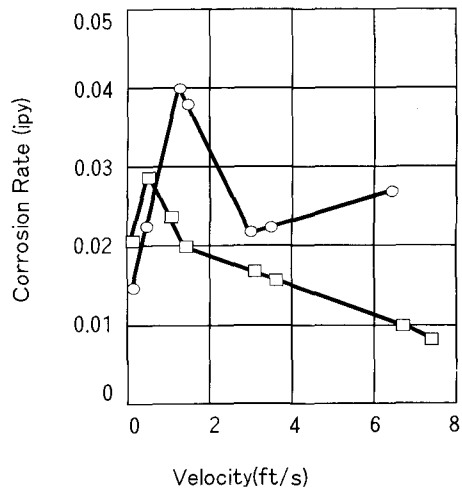


그림. 강의 부식속도에 미치는 유속의 영향 (Temp : 21℃, 48hr 시험)

냉각수의 성분별 특성 및 효과적인 수질관리 방법

용해염의 영향	미생물의 영향
<p>담수중에서의 염화물과 같은 부식성이온의 증가는 부식 속도를 증가시킨다.</p> <p>즉 염화물이 많을수록 담수의 전기전도도를 증가시키고, 큰 전기전도도로 인해 여러개의 양극 및 음극이 더 멀리 까지 작용해 전기화학적 반응으로 형성되는 Fe(OH)₂가 금속표면에서 상당히 떨어진 곳에서 생성하게 되며, 이러한 Fe(OH)₂가 금속표면에서 확산장벽 층으로서의 역할을 할 수 없다.</p> <p>따라서 염화물 농도가 높을수록 산소의 확산속도가 커지기 때문에 부식속도가 빨라진다.</p> <p>염화물은 Li, Na, K 순으로 부식이 강하며, KCl, LiCl, NaCl Na₂SO₄ KI 등으로 알칼리 금속염 및 CaCl₂, SrCl₂등의 알칼리 토속금이 있다.</p>	<p>미생물 부식(MIC, Microbiologically Influenced Corrosion)의 대표적 미생물은 황산염환원균(Sulfate reducing bacteria) 혐기성 박테리아가 대표적이다. 황산염환원균의 경우 음극반응에서 형성된 H원자를 소비함으로써 형성된 H₂S는 Fe²⁺와 반응하며 녹 또는 검은녹(FeS)을 생성시켜 부식을 촉진한다.</p> <p>Anode 4Fe → 4Fe²⁺ + 8e⁻ Cathode 8H₂O + 8e⁻ → 8Hads on Fe + 8OH⁻ 8Hads + Na₂SO₄ → 4H₂O + Na₂S Na₂S + 2H₂CO₃ → 8NaHCO₃ + H₂S</p> <hr/> <p style="text-align: center;">4Fe + SO₄²⁻ + 4H₂O → 3Fe(OH)₂ + FeS + 2OH⁻</p> <p>이 반응에서 Fe(OH)₂는 3몰, FeS는 1몰이 생성된다. 즉 황산염 환원박테리아가 존재하고 있는 녹을 분석해보면 산화물과 황화물이 대략 3:1로 구성되고 있다. 황산염 환원박테리아에 의한 부식은 땅 밑에 묻혀 있는 관 등에서 특히 심하게 발생한다.</p>

4. 수질분석 및 문제점 도출

4. 약품 투입에 의한 수질관리

(1) 냉각수 수질분석 (DATA 종합)

냉각수 수질분석 REPORT CONSULTING SERVICE REPORT FOR COOLING WATER	
○○ PROJECT (1)	자료번호 : 발행일자 : 1997.

시험방법 : QW-TE-01-01

(단위 : mg/l)

시료 종류	보급수							평 균
	채취장소							
채취일자/시간	10/7	9/25	9/7	8/18	7/26	7/25	7/8	DATA
1 탁도(degree)	0.3	0.33	0.5	0.7	0.6	0.3	0.4	0.45
2 pH(at 25℃)	7.37	8.2	7.5	7.4	7	7.6	7.4	7.5
3 도전율(μs/cm)	214	222	227	224	214	245	240	227
4 M-알칼리도(CaCO ₃)	46	44	49	50	30	48	48	45
5 Ca 경도(CaCO ₃)	58	58	53	54	50	53	56	55
6 염소이온(Cl ⁻)	18	19	18	17	20	19	20	19
7 전철(T-Fe)	0.05	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.15

냉각수의 성분별 특성 및 효과적인 수질관리 방법

소 견	공업용수+OO동 R/O Con' 수+OO동 Con'수를 혼합한 수질을 보급수로 공급하고 있으나 공업용수와 거의 유사한 수질을 나타내고 있음.				
	분석자		작성자		확 인

QW-TOE-01-06

A4(210×297mm)

(2) 냉각수 수질분석 (DATA 종합)

냉각수 수질분석 REPORT CONSULTING SERVICE REPORT FOR COOLING WATER	
○○ PROJECT (1)	자료번호 : 발행일자 : 1997.

시험방법 : QW-TE-01-01

(단위 : mg/l)

시료 종류	냉각수					평균	수질관리 기준치
채취장소	12℃ #1 C/W					DATA	
채취일자/시간	7/8	7/25	7/26	8/18	9/25		
1 탁도(degree)	5.9	5.1	2.4	4.4	1.27	3.8	20이하
2 pH(at 25℃)	8.5	8.3	7.9	7.9	7.55	8.03	7.5-9.0
3 도전율(μS/cm)	874	840	469	589	845	723	3000이하
4 M-알칼리도(CaCO3)	150	136	70	112	60	106	300이하
5 Ca 경도(CaCO3)	238	250	156	170	252	213	150-300
6 염소이온(Cl) ⁻	93	98	45	49	73	72	200이하
7 전철(T-Fe)	0.5	0.5	1.1	0.3	0.19	0.52	2이하
8 전인산(T-PO4)	5	5.7	3.7	0	6.2	4.1	6.2이상
9 방식제(S-112)	65	74	48	0	80	53	80이상
10 농축배수(배)	4.3	4.7	3.0	3.3	4.3	4.0	4-5

* 냉각수 수질관리 기준치 :
공인된 관리 기준치는 없으며 보급수의 수질조건, 열교환기의 조건, 사용되는 방식제의 종류에 따라서 경험적으로 설정되어 운영되는 관리 기준치임.

* 농축배수 :
순환수의 Ca 경도 ÷ 보급수의 Ca-경도 = 농축배수이며 4-5배의 관리 기준은 절대적인 수치가 아니므로 참고용임.

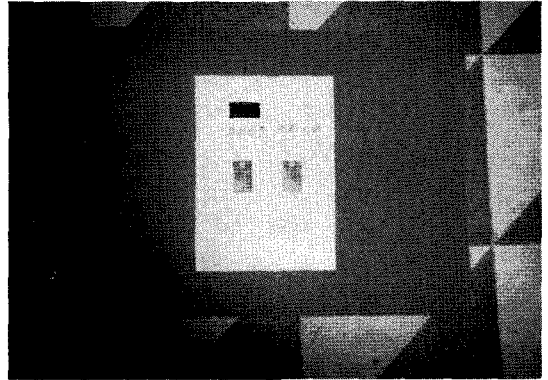
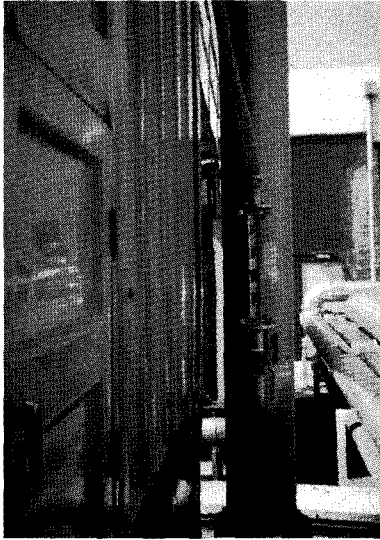
소 견	5회에 걸친 DATA에서 탁도를 비롯해서 전반적으로 수질의 관리상태가 양호하며 수질관리 기준치를 만족시키고 있음.				
	분석자		작성자		확 인

QW-TOE-01-06

A4(210×297mm)

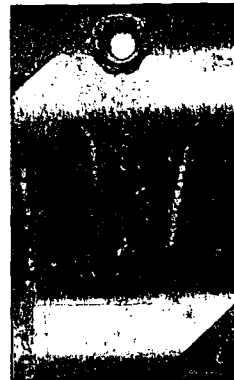
(3) 시편 설치 상태

TEST PIECE 설치장소 : 12℃ #1(#7) C/T의 RETURN 배관



시편 채취후 촬영 사진

(4) 시편의 부식상태 및 부식속도



* 결과 : MDD가 3.4로써 대단히 양호함.

회사명	○○PROJECT (1)	
보급수질	혼합수	
약품처리	○○○약품(현장 여건에 맞는 약품 선택이 중요)	
설치장소	12℃ #1(#7) 냉동기 냉각수계 RETURN 배관	
설치기간	97. 9. 25. - 97. 10. 6 (11일간)	
시편번호	0381	0389
처음무게(mg)	11501.3	11508.5
나중무게(mg)	11489.2	11497.1
MDD	3.5	3.3
평균 MDD	3.4	
MDD 관리기준	10 이하	

* 혼합수(공업용수+○○동 DI Con'수+○
○동 DI Con'수)가 보급수로 공급되는 System
으로 보급수인 혼합수의 수질을 분석한 결과 공
업용수와 거의 유사한 DATA를 나타내고 있음.

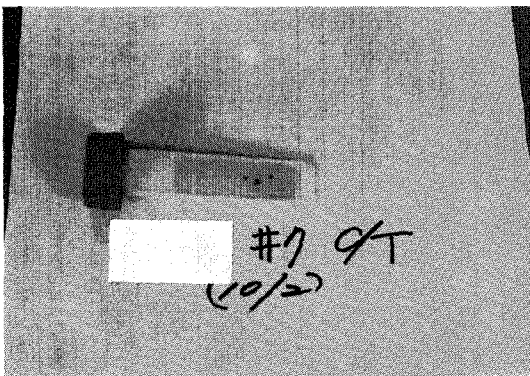
* 부식속도(MMD, mg/dm²·day)

$$= \frac{\text{처음무게 mg} - \text{나중무게 mg}}{\text{시편의 표면적(dm}^2\text{)} \times \text{시험기간(day)}}$$

• 시편의 표면적 31.48cm² = 0.3148dm²

(5) 미생물 균수 측정

1) 결과 DATA : 10²개/ml * TEST 장소 :
12°C #1(#7) 냉동기 C/T

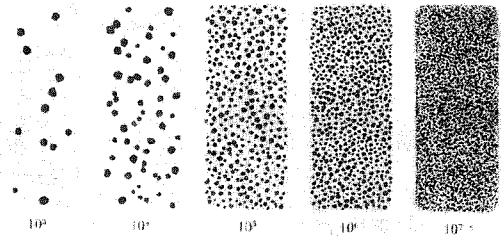


2) EASICULT-TTC MODEL CHART에
의한 판정기준

* 관리목표치 : 10⁴개/ml이하

* 현재 10²개/ml이하로서 대단히 양호한 결
과를 나타내고 있음.

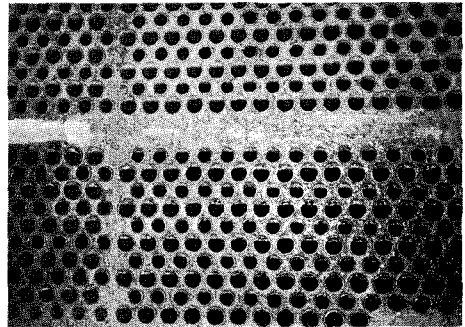
3) EASICULT-TTC MODEL CHART



(6) 냉동기 튜브의 부식상태(참조)

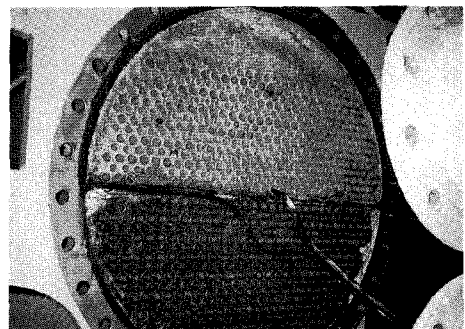
<약품투입 전>

냉동기 내부 동관에 각종 침전물들의 농축으
로 인한 SCALE 및 부식장애 발생



<약품투입 후>

정기적인 약품 투입후 동관의 SCALE 및 부
식성분 제거 상태



박테리아수 (BACTERIA수/ml)	10 ³	10 ⁴ 이하	10 ⁵ -10 ⁶	10 ⁶ 이상
결과	장애정도 미약	경미한 상태	장애 발생	장애 심각

4. 전자장 방식에 의한 수질관리

(1) 보급수 수질분석 (DATA 종합)

냉각수 수질분석 REPORT CONSULTING SERVICE REPORT FOR COOLING WATER							
○○ PROJECT (2)					자료번호 :		
					발행일자 : 1997.		

시료종류	보급수(=공업용수)						평균
채취장소							DATA
채취일자/시간	10/7	9/25	9/7	8/1	7/14	6/20	
1 탁도(degree)	0.5	0.6	0.7	0.3	0.4	0.4	0.48
2 pH(at 25℃)	7.6	7.31	7.58	7.36	7.2	7.5	7.43
3 도전율(μS/cm)	220	218	220	220	182	247	218
4 M-알칼리도(CaCO3)	52	46	45	47	24	47	44
5 Ca 경도(CaCO3)	54	58	56	52	44	56	53
6 염소이온(Cl ⁻)	16	18	20	18	20	21	19
7 전철(T-Fe)	0.05	0.1	0.31	0.21	0.1	0.1	0.14
8 전인산(T-PO4)							
9 방식제(S-112)							
10 농축배수(배)							

* 냉각수 수질관리 기준치 :
공인된 관리 기준치는 없으며 보급수의 수질조건, 열교환기의 조건, 사용되는 방식제의 종류에 따라서 경험적으로 설정되어 운영되는 관리 기준치임.
* 농축배수 :
순환수의 Ca 경도 ÷ 보급수의 Ca-경도 = 농축배수이며 4-5배의 관리 기준은 절대적인 수치가 아니므로 참고용임.

시험방법 : QW-TE-01-01

(단위 : mg/l)

소 건						
	분석자		작성자		확인	

QW-TOE-01-06

A4(210×297mm)

냉각수의 성분별 특성 및 효과적인 수질관리 방법

(2) 냉각수 수질분석 (DATA 종합)

냉각수 수질분석 REPORT CONSULTING SERVICE REPORT FOR COOLING WATER	
○○ PROJECT (2)	자료번호 : 발행일자 : 1997.

시료종류						평균	수질관리 기준치
채취장소	13℃ #3 C/W					DATA	
채취일자/시간	6/20	7/14	8/1	9/7	9/25		
1 탁도(degree)	14.6	3.2	32	18.6	23.74	18.4	20이하
2 pH(at 25℃)	8.21	8.16	8.2	8.46	8.35	8.28	7.5-9.0
3 도전율(μS/cm)	6360	8960	7900	4960	7910	7218	3000이하
4 M-알칼리도(CaCO3)	530	160	127	159	140	223	300이하
5 Ca 경도(CaCO3)	994	1340	984	830	1160	1062	150-300
6 염소이온(Cl ⁻)	379	1490	620	439	1260	828	200이하
7 전철(T-Fe)	2.6	0.3	1.9	3.4	2.5	2.14	2이하
8 전인산(T-PO4)	0	0	0	0	0	0	6.2이상
9 방식제(S-112)	0	0	0	0	0	0	80이상
10 농축배수(배)	17.8	30.5	19.0	15	20	20.5	4-5

* 냉각수 수질관리 기준치 :
공인된 관리 기준치는 없으며 보급수의 수질조건, 열교환기의 조건, 사용되는 방식제의 종류에 따라서 경험적으로 설정되어 운영되는 관리 기준치임.
* 농축배수 :
순환수의 Ca 경도 ÷ 보급수의 Ca-경도 = 농축배수이며 4-5배의 관리 기준은 절대적인 수치가 아니므로 참고용임.

시험방법 : QW-TE-01-01

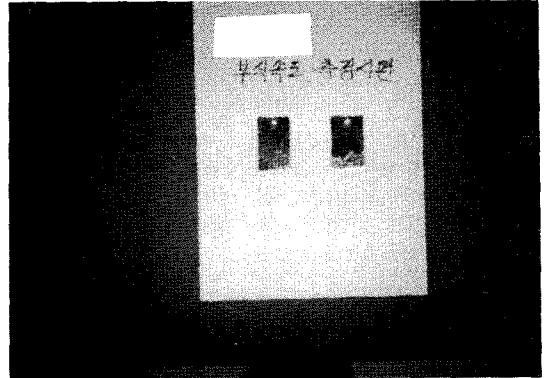
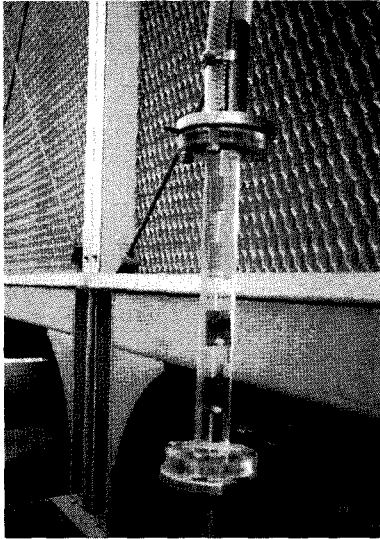
(단위 : mg/l)

소 견	5회에 걸쳐서 실시한 DATA에서 나타내고 있는 공통적인 사항으로서 수질의 관리기준치를 초과하고 있고 부식 경향이 대단히 높으며(도전율, 염소이온이 높음) 특히 스케일 경향이 높게 나타나고(Ca-경도, M-알칼리도 높음) 있음. 빠른시간내로 약품처리 관리 및 적정 Blow 관리를 실시하는 것이 바람직하다고 사료됨.				
	분석자		작성자		확 인

QW-TOE-01-06

A4(210×297mm)

(3) 시편 설치 상태
 TEST PIECE 설치장소 : 12℃ #1(#7) C/T의
 RETURN 배관



시편 채취후 촬영 사진

(4) 시편의 부식상태 및 부식속도



* 부식속도(MDD)가 30으로서 부식도가 높음

회사명	○○PROJECT(2)	
보급수질	공업용수	
약품처리	無 전자장 SYSTEM	
설치장소	13℃ #3 냉동기 냉각수계 RETERN 배관	
설치기간	97. 9. 25 ~ 97. 10. 6(11일간)	
시편번호	0388	0339
처음무게(mg)	11524.4	11523.7
나중무게(mg)	11430.2	11410.3
MDD	27.2	32.7
평균 MDD	30	
MDD 관리기준	10 이하	

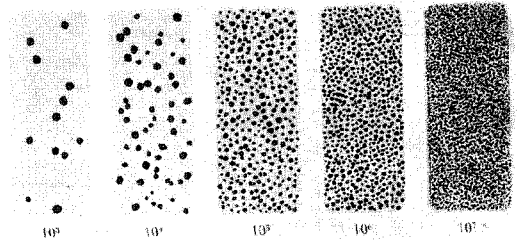
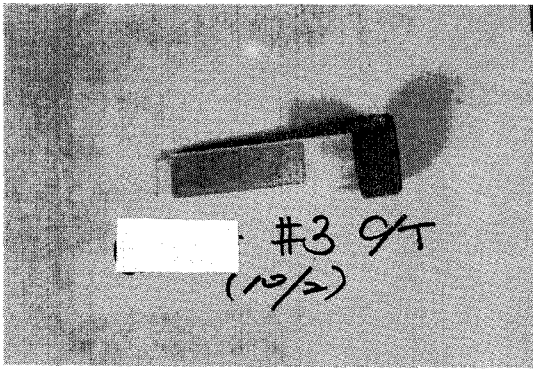
* 부식속도(MMD, mg/dm²·day)
 = $\frac{\text{(처음무게 mg - 나중무게 mg)}}{\text{시편의 표면적(dm}^2\text{)} \times \text{시험기간(day)}}$
 • 시편의 표면적 31.48cm² = 0.3148dm²

* 관리목표치 : 10⁴개/ml이하
 * 현재 10^{5-5.5}개/ml로써 미생물의 장애가 진행중으로 판단되며 C/T 내부 및 상부 살수관의 육안관찰 결과에 의하면 슬라임 장애율이 높은 상황임.

(5) 미생물 균수 측정

1) 결과 DATA : 10^{5-5.5}개/ml * TEST 장소 : #3 냉동기 C/T

3) EASICULT-TTC MODEL CHART



2) EASICULT-TTC MODEL CHART에 의한 판정기준

박테리아수 (BACTERIA수/ml)	10 ³	10 ⁴ 이하	10 ⁵ -10 ⁶	10 ⁶ 이상
결과	장애정도 미약	경미한 장애	장애 발생	장애 심각

4. 수질종합 DATA 비교분석

[약품처리와 전자장 방식 설치의 비교]

항 목	PROJECT(1) 12℃ #1 냉동기 냉각수계 (약품처리의 경우 - 화학처리의 경우)		PROJECT(2) 13℃ #3 냉동기 냉각수계 (약품미처리(전자장)의 경우)		
	보급수 평균	냉각수 평균	냉각수 관리기준	보급수 평균	냉각수 평균
수질분석 DATA 비교	0.45	3.8	탁도(degree) 20 ↓	0.48	18.4
	7.5	8.03	pH(at25℃) 7.5-9.0 ↓	7.43	8.28
	227	723	도전율(μS/cm) 3000 ↓	218	7218
	45	106	M-AL(CaCO3ppm) 300 ↓	44	223
	55	213	Ca ²⁺ 경도(CaCO3ppm) 150-300 ↓	53	1062
	19	72	Cl ⁻ 이온(ppm) 200 ↓	19	838
	0.15	0.52	T-Fe(ppm) 2 ↓	0.15	2.14
		4.0	농축배수(배) 4-5		20.5

냉각수의 성분별 특성 및 효과적인 수질관리 방법

항 목	PROJECT(1) 12℃ #1 냉동기 냉각수계 (약품처리의 경우=화학처리의 경우)	PROJECT(2) 13℃ #3 냉동기 냉각수계 [약품미처리(전자장)의 경우]	
수질분석 DATA 비교	<ul style="list-style-type: none"> PROJECT(1)의 보급수 : 혼합수 (공업용수+○○동 R/O Con'수+○○동 DI Con'수) PROJECT(2)의 보급수 : 공업용수 		로서 PROJECT(1)의 보급수의 수질 조건이 약조건이나 분석 DATA 결과 로서는 PROJECT(2)의 보급수인 공업용수와 유사하다.
	대단히 양호함		
부식속도 (MDD)비교 (mg/dm ² ·day)	MDD(11일간 설치=97.9.25-10.6)	기준치	MDD(11일간 설치=97.9.25-10.6)
	3.4 MDD	10 MDD	30 MDD
미생물균수 비교 (10 ³ 개/ml)	대단히 양호함		부식경향이 높음
	EASICULT-TTC 측정결과	기준치	EASICULT-TTC 측정결과
	10 ³ 개/ml	10 ⁴ 개/ml이하	10 ⁵⁻⁶⁵ 개/ml
미생물의 장애가 거의 없음		미생물 장애가 심각한 상황임	
스케일부착도 (mg/cm ² ·month)	Test Column에 의한 Monitring 장치로서는 냉동기 Cooler의 온도조건과 동일한 조건에서의 Test가 곤란하므로 스케일 부착도를 측정하지 못하였으나 상기의 수질분석 DATA 및 MDD, 미생물균수 측정 DATA를 참고해볼 때 스케일 부착도의 결과도 MDD 측정 DATA와 유사한 경향으로 판단됨.		
결 과	냉각수계에서 발생하는 부식, 스케일 및 슬러임장애의 예방관리가 양호하게 이루어지고 있으므로 설비 보호, 안정적인 연속 조업, 유지보수 비용의 절감 및 스케일, 슬러임 및 부식 예방에 따른 전력비 절감효과가 기대됨		수질상태불량, 부식 및 스케일, 슬러임 장애율이 대단히 높음으로 설비고장, 불안정적인 조업, 유지보수비 상승, 전력비 상승등의 현상이 초래될 가능성이 있음으로 수질관리 장비의 개선 및 보완대책이 요구됨

II. 맺음말

1. 효과적인 수질관리 방법 제시

분석항목	보급수	냉각수 수질관리기준치	내용 및 분석 목적
탁도 (degree=ppm)	2 이하	20이하	탁도는 물의 탁한 정도를 나타내는 단위로 보통 가오린 1mg이 증류수 1ℓ 에 존재하면 1도 또는 1ppm이라 한다. 냉각수계에서는 탁도가 수중에 존재하는 현탁물질의 양을 아는 지표가 되며, 이러한 현탁물질이 많을 경우에는 계내에 부착하여 열교환기의 효율저하나 공식의 원인이 되므로 순환수의 탁도는 가능한 한 낮게 관리하는 것이 좋으며, 일반적으로 20도 이하를 기준으로 설정하는 것이 좋으나 그 이상 유지될 경우에는 부분여과처리를 실시하는 것이 바람직하다.

냉각수의 성분별 특성 및 효과적인 수질관리 방법

분석항목	보급수	냉각수 수질관리기준치	내용 및 분석 목적
pH (at 25 °C)	7.0-8.0	7.5-9.0	pH는 수중의 수소이온농도를 역수로 하여 상용로그를 취한 것으로 0-14까지의 값을 갖는다. 순수는 pH는 25 °C에서 7.0을 나타내므로 pH가 7.0보다 작으면 산성, 7.0보다 크면 알칼리성으로 분류한다. 냉각수계에서의 강제는 산성에서 심하게 부식되며, 동재질은 산성이나 알칼리성에서도 부식되므로 순환수의 pH는 방식처리 프로그램에 따른 적정 범위내로유지시킬 필요가 있다한편 산 leak나 대기중의 아황산가스유입으로 인하여 순환수의 pH가 6.5이하를 유지할 경우에는 즉시 알칼리제의 투입으로 pH를 조절할 필요가 있다. 또한 냉각수계의 고농축운전으로 순환수의 pH가 높을 경우에는 스케일 생성경향이 높아져 pH조절이 필요하였으나, 근래에는 스케일방지제가 방식제와 함께 사용되므로 산주입등의 pH조절작업은 불필요하다.
전기전도율 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	200-290	3000이하	수중에 염류가 이온으로 해리되어 있으며 그 물은 전기를 통하는 능력을 보이며, 그 크기는 존재하는 이온의 성질과 농도에 의존한다. 이와 같이 물의 전도성을 나타내는 지표로서 물의 비저항의 역수를 취한 전기전도율이 있으며, 그 값은 수중에 존재하는 이온농도와 대체로 비례한다. 전기전도율이 높은 물을 냉각수계에 사용하면 계내의 부식성은 증가하나, 방식제를 사용하면 수천 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 까지도 유지할 수 있다.
M-알칼리도 (CaCO_3 ppm)	40-55	300 이하	M-알칼리도는 수중에 용해되어 있는 중탄산염, 탄산염, 수산화물, 기타 알칼리성염 등을 중화하여 pH 4.8에 도달할 때까지 소모되는 산의 양을 말하며, 이 산에 대응하는 탄산칼슘의 ppm농도로 환산하여 표시한다. M-알칼리도와 pH는 어느정도 상관성이 있으며, M알칼리도는 탄산칼슘의 스케일 생성 경향이나 방식제의 방식 피막형성에 중요한 인자가 된다.
Ca-경도 (CaCO_3 ppm)	45-60	150-300	칼슘경도는 수중에 용해되어 있는 칼슘이온의 농도를 이에 대응하는 탄산칼슘이 ppm농도로 환산하여 나타낸다. 일반적으로 칼슘농도가 적은 물은 부식성을 나타내며, 많은 물은 탄산칼슘의 스케일성이 강하다. 냉각수계에서의 방식제는 대부분 칼슘경도의 공존하에서 그 기능을 발휘하므로 칼슘경도는 수질관리상 대단히 중요한 인자가 된다.
염소이온 (Cl^- ppm)	18-26	200 이하	수중에 용해되어 있는 염화물중의 염소이온은 황산이온과 함께 냉각수계의 강제에 강한 부식성을 나타내며, 특히 스테인레스강의 경우에는 응력부식균열의 원인이 되기도 한다. 또한 계절적으로 갈수기이거나 해수가 냉각수계로 유입될 경우에는 순환수의 염소이온 농도가 대단히 높아지므로, 이때 특별한 방식처리를 강구하지 않으면 안된다. 일반적으로 염소이온 농도관리는 농축관리의 지표로 사용하는 경우가 있으나 염소처리를 실시할 때는 지표로 사용할 수 없다.

냉각수의 성분별 특성 및 효과적인 수질관리 방법

분석항목	보급수	냉각수 수질관리기준치	내용 및 분석 목적
실리카 (SiO ₂ ppm)	4-10	150 이하	실리카염은 일반적으로 xM ₂ O, ySiO ₂ (M은 Al, Fe(2가), Ca, Mg, Na, K)형으로 존재하나, 수중에 용해되어 있는 실리카는 메타형(nSiO ₂ · nH ₂ O)으로 존재한다. 이러한 실리카는 일반 경도성분과는 달리 산세정으로도 제거가 곤란한 경질 스케일을 형성하므로 가능한 낮게 관리하는 것이 좋으며 일반적으로 130ppm이하로 관리한다. 그러나 유기인산염계 방식제를 사용하는 냉각수계에서는 150ppm까지도 관리할 수 있다.
전철 (Fe ppm)	0.08-0.3	2 이하	순환수의 철분은 보급수에 의해 들어오는 이온성분과 콜로이드성분 이외에 계내의 부식에 의해 발생하는 성분이 포함된다. 철분이 높게 유지될 경우에는 2차 부식의 원인이 되므로 가능한 한 낮게 유지하는 것이 좋다.
COD	2 이하	10 이하	산소소비량은 화학적인 반응으로 산소를 소비하는 피산화물질(유기물, 황화물, 제1철, 암모니아 등)의 총량을 산소의 양으로 나타낸 것으로 수중의 오염도를 나타내는 지표로 이용된다. 따라서 산소소비량이 많은 순환수의 유기물 등으로 오염되어 있기 때문에 슬라임 장애가 발생하기 쉬워 일반적으로 10ppm이상을 유지하면 그 발생빈도가 높은 것으로 알려져 있다.
농축수배 (배)	-	4-5	순환수의 Ca ²⁺ 경도 ÷ 보급수의 Ca ²⁺ 로 환산하며 Ca ²⁺ 이온, 도전율로 환산할 수도 있다.
부식 및 스케일방지제	-	70-120	부식 및 스케일 장애를 예방하기 위하여 투입한다.
미생물살균제 (염소제)	-	0.5-1ppm/순환수량 (3-5hrs/day)	미생물 장애를 예방하기 위하여 투입한다.
슬라임분산 박리제	-	50-100ppm/보유수량 (1회/1주/-2주)	미생물 살균제에 내성이 있는 미생물의 살균 및 슬라임의 분산박리를 위하여 투입한다.

* 보급수

○○지역 공업용수의 평균적인 수질분석 DATA로써 상기 보급수의 수질 및 냉동기의 조건을 고려하여 관리 기준치를 설정하였음.

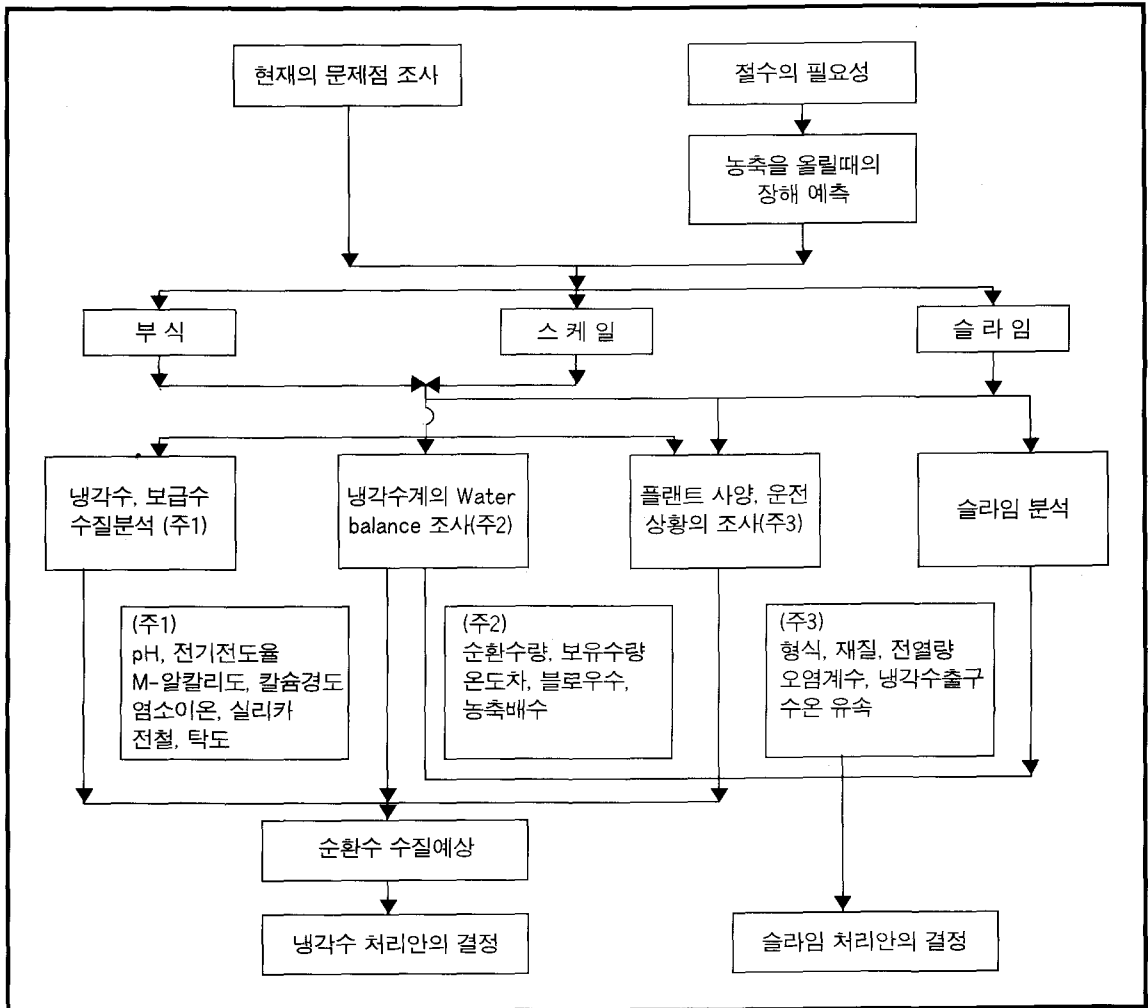
* 수질관리 기준치

개방냉각수 SYSTEM의 냉각수는 공인된 관리기준치가 설정되어 있지 않다. 다만 보급수의 수질조건 열교환기의 조건에 따라서 수처리 약품이 선정되고 그 선정된 약품의 수질관리 한계기준을 수질관리기준치로 설정하여 부식 및 스케일, 슬라임 장애를 예방할 수 있다는 경험적 운영 기준치임.

2. 효과적인 운영방식 FLOW

개방순환식 냉각수계의 경우에는 물이 농축되기 때문에 동일 냉각수계에서도 순환수의 수질이나 냉각수계의 Water balance가 농축배수에 의해 달라진다. 따라서 운전중의 정기적인

SAMPLE채취와 수질분석으로 적합한 처리안을 결정하는 것이 매우 중요하다고 판단되며 효과적인 운영 FLOW는 다음 그림과 같다.



[효과적인 운영 FLOW]

3. 결론 및 향후 과제

1. PROJECT(1)의 분석 결과 : 약품처리 실시
 PROJECT(1)의 냉각수계는 당초 전자장 방식을 설치 운영하였으나 냉동기의 Scale 발생, C/T 충전제의 슬라임 장해에 의한 심한 오염 발생, 배관의 부식 장해가 발생되어 전자장 방식의 운영을 중단하고 정기적인 약품처리를 실시함으로써 수질의 상태, 부식속도(MDD), 미생물 균수 등 전체적으로 냉각수질이 관리 Spec를 만족시

키고 있는 것으로 실험결과 나타났다.

2. PROJECT(2)의 분석 결과 : 약품처리 無 전자장 방식 설치

PROJECT(2) 냉각수계는 약품처리를 하지 않고 전자장 방식이 설치되어 운영되고 있었으나, 수질의 상태 불량, 부식속도(MDD) 증가, 미생물 균수 상승등 전체적으로 관리 Spec를 초과하고 있는 것으로 나타났으며, 냉각수계의 스케일·부식 및 슬라임 장해율이 높은 것으로 판단되

는 바, 향후 수처리 방식의 개선과 보완 대책이 시급히 요구됨.

따라서 현재 PROJECT(2)에 설치된 전자장 방식에 의한 냉각수 수질관리는 수정 보완 하여야 된다고 판단되며, 약품 투입에 의한 방식 및 새로운 수질관리 방식의 적용으로 부식 및 SCALE에 대한 피해를 최소화 하는 것이 시급하다고 판단됨.

3. 향후과제

현재 수질관리 방법으로는 연수장치에 의한 수처리 방법, 기기설치와 화학약품 투입에 의한 방식, 그리고 물속의 용존산소를 제거하기 위한 탈산소 방식등의 다양한 방법 등이 있다.

기기별로도 자석의 원리를 이용한 마그네틱 방식과 전기적인 힘을 이용한 처리 방식 등 수많은 제품들이 국내·외 구분없이 생산되어 들어오

고 있는 현실이다.

그러나 이렇게 많은 수처리 방식들이 공인기관의 명확하고 엄격한 품질보증과 제품 성능 검사의 과정도 없이 무분별 적용되는 사례들도 다수 있는 것 같다.

따라서 향후의 과제는

첫째 : 현장별 특성에 맞는 적합한 수처리 방식의 선정.

둘째 : 건물의 대형화·인텔리전트화 되어감에 따른 수질관리 방식도 수동적이고 인위적인 방식을 탈피하여 SCALE 성분과 수질의 변화에 따른 자동 control이 될 수 있는 SYSTEM의 적용과 기술개발로 수질문제로 발생되는 막대한 경제적 손실을 줄이는 것이 중요한 과제라고

도시가스 시설공사, 시공관리자 배치에 따른 질의

[질의내용]

도시가스사업법 제12조 제 5항 및 동법 시행규칙 제16조 (시공관리자의 배치 및 자격기준)에 의거 시공자는 시공관리자를 시공하는 1건의 공사금액에 따라 자격을 가진 자를 공사현장에 배치토록 되어 있다. 시공자는 도시가스사업자(발주자)로부터 공사명이 1건인 동일 사업장내 공사(공사명 : 00아파트 중압관 150A : 280m, 저압관 300A : 630m, 정압기 설치공사, 공사금액 : 143,340,000)를 도급받아 시공할 경우 시·군·구에 승인 및 신고시 시공관리자

를 선임할 때 기술검토를 중압관공사, 저압관공사, 정압기공사를 분리하여 3건을 기준으로 시공관리자를 선임하도록 하고 있어 민원이 따르고 있다. 따라서 현행 도시가스사업법의 취지와 같이 동일 사업장내 시공하는 1건의 공사(1건의 공사 계약 체결) 금액에 따라 시공관리자를 1명 선임하여 배치하는 것이 타당하다고 사료된다.

[회신내용]

도시가스사업법시행규칙 제 16조 제2항에 의하면「동일 사업장에서 동일 시공자가 행하는 공사의 경우에는 1인의 시공관

리자가 2개의 공사현장을 관리할 수 있음은 2개의 공사계약금액을 합산한 금액으로 본조 제 1항의 금액별 자격자를 시공관리자로 배치하여야 하며, 인접 지역에서 연결하여 중압배관·저압배관 및 정압기 공사를 동일 시공자가 행할 시에는 한국가스안전공사의 기술검토를 시설별로 분리하여 받았다 하여도 1건으로 공사계약을 하였다면 동일 사업장의 동일 시공자가 행하는 공사로 보아 시공관리자를 1인만 배치하면 될 것이다. [1998년 7월 4일, 산업자원부 가안 57253-360]